مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٦) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (6) 2023

موديل رياضي لتقدير المساحة الورقية لدى أربعة أصناف من التبغ (*Nicotiana tabacum* L.)

د. نزار علي معلا *

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٣/٦/٨ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٣/٨/٢٠)

□ ملخّص□

هدف هذا البحث لإيجاد طريقة سريعة وسهلة لتقدير المساحة الورقية LA (Leaf Area) لنبات التبغ دون إحداث أي ضرر بالنبات، لذا فقد تم تصميم معادلات رياضية وذلك باستخدام أربعة أصناف من التبغ: فيرجينيا (*Nicotiana tabacum* L. *cv Virginie vk51*)، برلي (*Nicotiana tabacum* L. *cv Burley R21*)، بلدي أو شك البنت (*Nicotiana tabacum* L.) وكزانتي (*Nicotiana tabacum* L. *cv Xanthi*)، وقياس طول (*L*) وعرض (*W*) الصفيحة الورقية الأقصى للنباتات المدروسة في الموسم الزراعي ٢٠٢٠-٢٠٢١. اجُري تحليل الارتباط البسيط للمساحات الورقية الحقيقية المُقاسة عبر البرنامج الحاسوبي (Image J software) والمتوقعة المحسوبة بالمعادلة الرياضية لأصناف التبغ المستخدمة في الدراسة. اشارت النتائج لوجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المساحة الورقية الحقيقة المُقاسة وتلك المتوقعة المحسوبة رياضياً لأصناف التبغ المدروسة، حيث بلغت قيمة معامل التحديد لعلاقات الارتباط الخطية عند أصناف التبغ المستخدمة: فيرجينيا (R^2= 0.99)، برلي (R^2= 0.97)، بلدي (R^2= 0.94) وكزانتي (R^2= 0.97). خلصت هذه الدراسة إلى موديلات رياضية مقترحة لحساب المساحة الورقية وذلك لكل صنف من أصناف التبغ المدروسة:

المساحة الورقية فيرجينيا= ٠.٨٨ * [$(W * L\ (\frac{22}{7})(\frac{1}{4}))$ -٠.٨٧] ،

المساحة الورقية برلي= ١.٠٨ *)][(W- 8) * 1/4)(22/7)L]

المساحة الورقية بلدي= ١.٠١ * [$(W * L\ (\frac{22}{7})(\frac{1}{4}))$ -١.١٨]

المساحة الورقية كزانتي= ٠.٨٦ * [$(W * L\ (\frac{22}{7})(\frac{1}{4}))$ -٠.٥٦]

كلمات مفتاحية: التبغ ، موديل رياضي، طول الورقة، عرض الورقة.

* مدرس في قسم المحاصيل الحقلية _ كلية الهندسة الزراعية _ جامعة تشرين

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٦) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (6) 2023

A mathematical model for estimating plant leaf area in four tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) varieties

Dr. Nizar Ali Moalla*

(Received 8/6/2023 . Accepted 20/8/2023)

□ ABSTRACT

The aim of this research was to find a non-destructive, quick and easy method for estimating the tobacco plant leaf area. For this purpose, mathematical equations were designed using four varieties of tobacco: (*Nicotiana tabacum* L. *cv Virginie vk51*), (*Nicotiana tabacum* L. *cv Burley R21*), (*Nicotiana tabacum* L.) and (*Nicotiana tabacum* L. *cv Xanthi*), length (*L*) and width (*W*) leaf measurements during the agricultural season 2020-2021. The simple linear correlation of the actual leaf area measured by the Image J software and the leaf area calculated by the mathematical equation of the tobacco varieties was analyzed. The results indicated strong positive relationships between the actual and the calculated leaf area of the studied tobacco varieties, where the coefficient of determination (R^2) for the studied tobacco varieties: *Virginie* (R^2 = 0.99), *Burley* (R^2 = 0.97), *Baladi* (R^2 = 0.94) and *Xanthi* (R^2 = 0.97).

This study suggested mathematical models to estimate the leaf area within each tobacco variety:

$LA_{Virginie} = 0.88 * [((\frac{1}{4})(\frac{22}{7})\ L * W) - 0.87]$, LA Burley= 1.08 * [((1/4)(22/7) L * W)- 8]

$LA_{Baladi} = 1.01 * [((\frac{1}{4})(\frac{22}{7})\ L * W) - 1.18]$, LA Xanthi= 0.86 * [((1/4)(22/7) L * W)- 0.56]

Keywords: Tobacco, Mathematical model, Leaf length, leaf width.

* PhD in department of field crops- Faculty of Agriculture _ Tishreen university

١. المقدمة والدراسة المرجعية:

تُساهم الورقة، كعضو نباتي هام، بشكل رئيس في اعتراض الطاقة الضوئية اللازمة لعملية التمثيل الضوئي (Photosynthesis) وبالتالي تخزين المادة الجافة في النبات، وفضلاً عن دورها في عملية التبخر–نتح (Evapotranspiration). لذا فإنه من الأهمية بمكان اخذ قياسات للمساحة الورقية (Leaf Area) في معظم الدراسات الفيزيولوجية والزراعية المتضمنة نمو وتطور النبات (Guo and Sun, 2001).

في الواقع، تم تطوير العديد من الطرق التي تمكن من قياس المساحة الورقية النباتية، حيث بدأت بطرق معقدة، متعبة وتستغرق وقتاً طويلاً كبعض الطرق التقليدية المتضمنة أخذ عينات حقلية من الأوراق ليصار إلى معرفة حجمها بعد وضعها في اسطوانة مياه، و حساب المساحة الورقية عبر استخدام الأوراق البيانية الميليمترية أو بالاعتماد على الوزن الجاف للأوراق (Waston and Waston, 1983). كما ويمكن قياس المساحة الورقية للنبات بشكل مباشر عبر استخدام اجهزة آلية أتوماتيكية (Automatic area-integrating meter) تعتمد على تقنية الماسح الضوئي اليدوي (Hand scanners) وأجهزة الليزر البصرية (Laser optic apparatuses)، ومنها أجهزة السيبتومتر (PAR/LAI Ceptometer) والبلانيميتر (Planimeter)، أو بشكل غير مباشر عبر طريقة (Tracing) وطريقة التصوير الشعاعي (Shadowgraphing).

جهد العديد من الباحثين للوصول إلى علاقات ارتباط خطية قوية بين المساحة الورقية وابعاد الأوراق سواءً لدى نباتات المحاصيل: كالقمح الطري (Thomas, 1975)، الذرة الصفراء (Elsahookie, 1985)، التبغ (Elsahookie *et al*., 1993)، الفول (Pekson, 2007) والذرة البيضاء (Elsahookie and Cheyed, ١٩٩٣)، ، أو لدى الاشجار المثمرة: كأوراق اشجار العنب (Elsner and Jubb, 1988)، الكيوي (Uzun and Çelik, 1999)، الدراق (Demirsoy *et al*., 2004) والفريز (Demirsoy et al., 2005)

تُعد طرق البرامج الحاسوبية لتقدير المساحة الورقية للنباتات من الطرق غير المباشرة في القياس (Bakr, 2005 ; Igathinathane *et al*., 2006 ; Bylesjö *et al*., 2008). أن طريقة قياس المساحة الورقية عبر اخذ صور رقمية باستخدام كاميرات رقمية عالية الدقة أو باستخدام الماسح الضوئي ومن ثم حساب المساحة الورقية عبر تحليل هذه الصور باستخدام برنامج حاسوبية، كبرنامج Image J software، واحدة من هذه الطرق المستخدمة (Darwish *et al*., 2014). تتطلب هذه الطرق، في الواقع، وقت وجهد كبيرين كما وتُعتبر مكلفة ايضاً. لذا فإن تقدير المساحة الورقية عبر استخدام موديلات رياضية (Mathematical models) متضمنةً قياسات خطية للأوراق هو اكثر جدوى وأقل ضرراً على النبات (Robbins and Pharr, 1987). حيث يمكن الحصول على هذه المعادلات الرياضية بالنظر إلى العلاقة بين المساحة الورقية للنبات وأبعاد الورقة كطولها (Length) وعرضها (Width) (Lu *et al*., 2004).

لقد وضعت الكثير من النماذج لتقدير مساحة الورقة للعديد من المحاصيل الحقلية، ومنها التبغ (*Nicotiana tabacum* L.) والذي حُسبت مساحته الورقية من المعادلة التالية:

المساحة الورقية (سم^{٢})= طول الورقة (سم) × عرض الورقة (سم) × ٠.٦٤٤٣ (عرب، ٢٠٠١).

وقد اشارت الأبحاث لوجود علاقة ارتباط قوية بين تلك المعادلات الرياضية والمساحة الورقية في النبات إلا أنها لم تأخذ بعين الاعتبار الاختلافات الصنفية ضمن النوع النباتي الواحد، حيث أن أي اختلاف في شكل الورقة، ولو كان طفيفاً، بين أصناف التبغ يمكن أن يؤثر على دقة المساحة الورقية المحسوبة.

تبرز أهمية البحث في أن استخدام موديل رياضي لحساب المساحة الورقية اسرع وأسهل تنفيذاً، كما ويمكن من دراسة نمو النبات وتطوره دون إحداث اي ضرر في مسطحه الورقي فضلاً عن تقليل الخطأ التجريبي الذي قد يحصل عند تنفيذ التجارب (Guo ; Astegiano *et al*., 2001 ; Gutiérrez and Lavín, 2000 ; Silva *et al*., 1998 ; Demirsoy, 2006 ; Blanco and Folegatti, 2003 ; and Sun, 2001).

٢- مشكلة البحث :

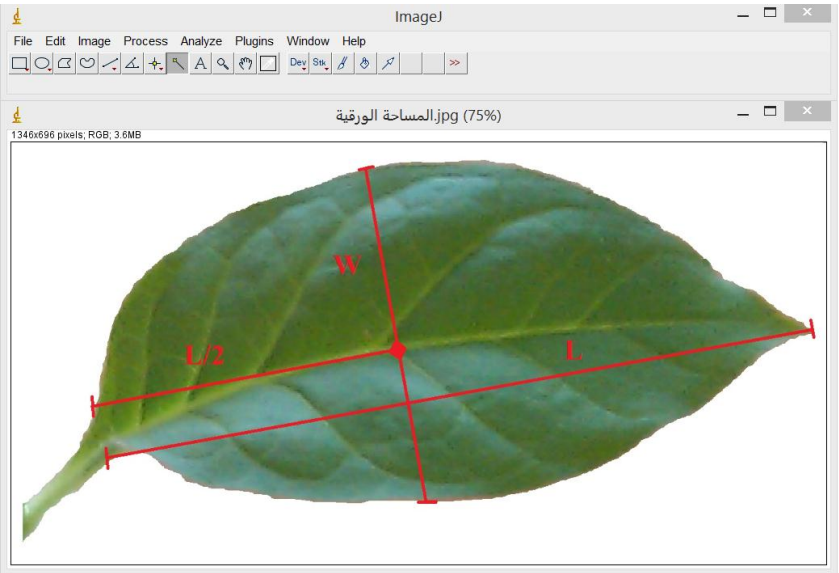
نظرا لعدم توفر معادلات رياضية واضحة من أجل دراسة نمو النبات وتطوره دون إحداث أضرار بمسطحه الورقي : ولأهمية حساب المياحة الورقية كدليل ومؤشر فسيولوجي هام ترتبط به العديد من صفات وخصائص النمو النباتي ، مما يعطي بحثنا هذا أهمية لتحقيق هدف واضح وهو إيجاد موديل رياضي لقياس المساحة الورقية .

٣. أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى: (١) ايجاد موديل رياضي يمكن من قياس المساحة الورقية لأصناف نبات التبغ كطريقة فعالة، دقيقة، سهلة وتوفر الوقت والتكاليف، و(٢) التحقق من دقة هذه الطريقة عبر دراسة علاقات الارتباط البسيط بين المساحة الورقية الحقيقية المقاسة عبر البرنامج الحاسوبي Image J software والمتوقعة المحسوبةً عبر الموديلات الرياضية المستخدمة.

٤. مواد البحث و طرائقه:

زُرعت بذور أربعة أصناف من التبغ، فيرجينيا (*Nicotiana tabacum* L. *cv Virginie vk51*)، برلي (*Nicotiana tabacum* L. *cv Burley R21*)، بلدي أو شك البنت (*Nicotiana tabacum* L.) وكزانتي (*Nicotiana tabacum* L. *cv Xanthi*)، ضمن صواني بلاستيكية معدة للإنبات تحتوي على تورب معقم في مخابر قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة–جامعة تشرين. بعد أسبوع من الإنبات نقل ٢٥ بادرة (n= 25) من كل صنف إلى أصص بلاستيكية سعة ٢ كغ تحتوي على تورب معقم وبمعدل نبات واحد في كل اصيص، وبعد ٥ اسابيع تم الحصول على نباتات في طور الورقة الثالثة لغرض استخدامها في إيجاد موديل رياضي يمكن من قياس المساحة الورقية. تم قياس المساحة الورقية للعديد من الأوراق ذات الأشكال والأحجام المختلفة، الكبيرة والصغيرة، والتي تتوضع على مستويات مختلفة من النباتات النامية للعام ٢٠١٧–٢٠١٨. في البداية، أُخذت صور للأوراق عبر وضعها على ماسح ضوئي، ومن ثم قيست المساحة الورقية باستخدام البرنامج الحاسوبي Image J software كما هو مبين في الشكل (١). تم تسجيل طول الأوراق (Leaf length) وعرضها (Leaf width) وذلك لايجاد معادلة رياضية يمكن من خلالها حساب المساحة الورقية. حيث تم قياس عرض الأوراق (*W*) (سم) بدءاً من نقطة منتصف الصفيحة الورقة أما طول الأوراق (*L*) (سم) فقيس بدءاً من قمة الصفيحة الورقية وحتى نقطة اتصال العنق بالصفيحة الورقية.



الشكل ١. طريقة قياس المساحة الورقية عبر برنامج Image J software لنبات التبغ صنف فيرجينيا vk51 مع الإشارة لموضع قياس طول الورقة (L) وعرضها (W).

تم حساب المساحة الورقية المتوقعة باستخدام المعادلة الرياضية الخاصة بحساب مساحة القطع الناقص (الشكل ٢) على اعتبار أن أوراق التبغ ذات شكل بيضوي يشبه لحد ما الشكل الهندسي للقطع الناقص:

$$LA = \pi \left(\frac{L}{2}\right) * \left(\frac{W}{2}\right)$$

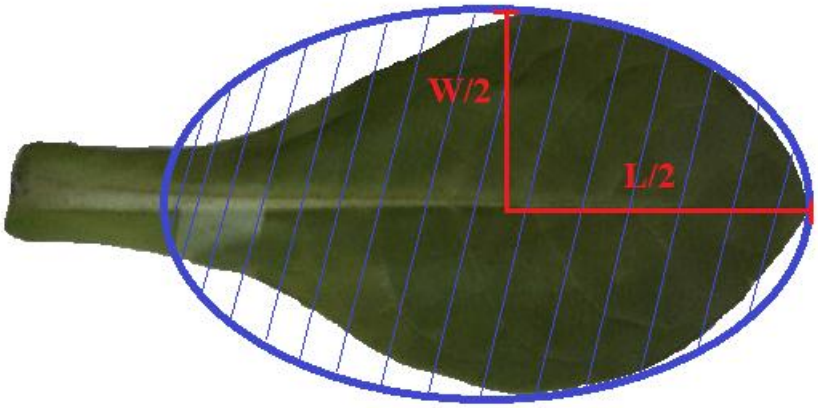
$$LA = \left(\frac{1}{4}\right) \pi \, L * W$$

حيث:

LA: المساحة الورقية (سم^2)

L: طول الورقة النباتية (سم)

W: عرض الورقة النباتية (سم)



الشكل ٢. قياس المساحة الورقية لنبات التبغ صنف برلي R21 باستخدام المعادلة الرياضية الخاصة بحساب مساحة الشكل الهندسي للقطع الناقص.

في الواقع تم تحليل بيانات المساحات الورقية التي تم قياسها عبر البرنامج الحاسوبي أو التي تم حسابها عبر الموديل الرياضي باستخدام برنامج Excel 10. للوصول إلى علاقات الارتباط.

٥. النتائج والمناقشة:

يوضح الجدول (١) بيانات المساحة الورقية الحقيقة المقاسة بالبرنامج الحاسوبي (Image J software) والمساحة المتوقعة المحسوبة رياضياً لنباتات الصنف فيرجينيا vk51، برلي R21، بلدي وكزانتي. تُشير النتائج لارتباط عالي بين المساحة الورقية المحسوبة من المعادلة الرياضية، والتي تتطلب جهد ووقت أقل، مع تلك التي تم قياسها عبر البرنامج الحاسوبي (حيث بلغت قيمة معامل التحديد: R^2= 0.99، R^2= 0.97، R^2= 0.94 وR^2= 0.97 لدى أصناف التبغ فيرجينيا vk51، برلي R21، بلدي وكزانتي على التوالي (الشكل ٣)). يمكن من علاقات الارتباط الموضحة في الشكل (٣) تمثيل المساحة الورقية للنبات (LA) وذلك بالنظر إلى تللك المقاسة بالبرنامج الرياضي والمحسوبة رياضياً، حيث:

المساحة الورقية المحسوبة فيرجينيا= ١.١٤ * (المساحة الورقية الحقيقة فيرجينيا) + ٠.٨٧ (R^2=0.99)، وهكذا فإن

المساحة الورقية الحقيقية فيرجينيا= ٠.٨٨ * [$(W * L\ (\frac{22}{7})(\frac{1}{4}))$ − ٠.٨٧].

المساحة الورقية المحسوبة برلي= ٠.٩٢ * (المساحة الورقية الحقيقية برلي) + ٨ (R^2=0.97)، وهكذا فإن

المساحة الورقية الحقيقية برلي= ١.٠٨ * [$(W * L\ (\frac{22}{7})(\frac{1}{4}))$ − ٨].

المساحة الورقية المحسوبة بلدي= ٠.٩٩ * (المساحة الورقية الحقيقية بلدي) + ١.١٨ (R^2=0.94)، وهكذا فإن

المساحة الورقية الحقيقية بلدي= ١.٠١ * [$(W * L\ (\frac{22}{7})(\frac{1}{4}))$ − ١.١٨].

المساحة الورقية المحسوبة كزانتي= ١.١٦ * (المساحة الورقية الحقيقة كزانتي) + ٠.٥٦ (R^2=0.97)، وهكذا فإن

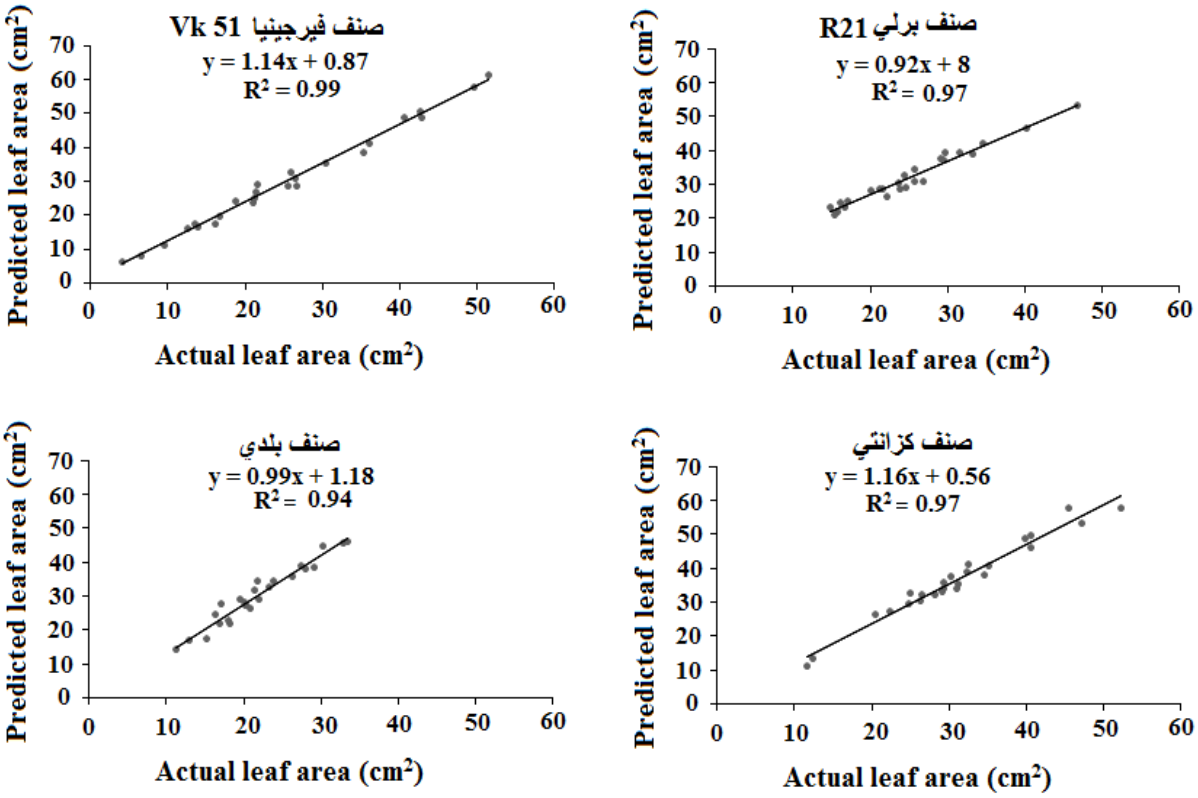
المساحة الورقية الحقيقة كزانتي= ٠.٨٦ * [$(W * L\ (\frac{22}{7})(\frac{1}{4}))$ − ٠.٥٦].

جدول ١. المساحة الورقية الحقيقية (سم٢) المُقاسة باستخدام البرامج Image J software والمساحة الورقية المتوقعة (سم٢) المحسوبة بالاعتماد على الموديل الرياضي المقترح لدى أصناف التبغ فيرجينيا vk51، برلي R21، بلدي وكزانتي. تُشير القيم إلى متوسطات، n= 25.

رقم النبات	صنف فيرجينيا vk51		صنف برلي R21		صنف بلدي (شك البنت)		صنف كزانتي	
	المساحة الورقية الحقيقية (سم٢)	المساحة الورقية المتوقعة (سم٢)	المساحة الورقية الحقيقية (سم٢)	المساحة الورقية المتوقعة (سم٢	المساحة الورقية الحقيقية (سم٢)	المساحة الورقية المتوقعة (سم٢)	المساحة الورقية الحقيقية (سم٢)	المساحة الورقية المتوقعة (سم٢)
١	25.86	32.61	16.85	24.51	17.56	19.51	20.46	26.52
٢	26.47	30.64	20.8	27.38	18.02	21.14	31.24	35.39
٣	25.46	28.8	23.39	30.72	21.13	22.98	29.35	33.94
٤	16.07	17.25	16.08	24.2	20.23	20.9	30.27	37.34
٥	30.45	35.4	15.74	21.79	15.12	15.96	24.96	32.53
٦	42.9	48.71	24.53	29.32	13.85	14.69	11.53	11.31
٧	13.47	17.54	21.37	25.58	19.74	21.79	26.51	32.06
٨	51.48	61.29	15.38	21.11	21.49	21.75	40.59	49.5
٩	36.12	41.01	22.78	28.71	21.36	24.42	29.38	35.55
١٠	42.74	50.61	16.55	22.99	22.76	24.32	45.44	57.51
١١	49.58	57.91	29.61	36.3	17.87	18.38	32.25	38.9
١٢	9.53	10.96	24.61	32.21	24.53	25.08	12.38	13.48
١٣	21.62	28.91	19.51	26.87	26.53	26.35	22.41	27.47
١٤	40.61	48.75	20.58	27.49	25.72	26.07	39.9	48.82
١٥	21.46	26.87	14.93	23.1	20.12	21.37	52.28	57.82
١٦	6.56	7.86	22.95	27.57	20.33	20.83	47.18	53.43
١٧	18.82	23.99	27.46	34.65	22.44	23.57	34.52	38.19
١٨	26.73	28.72	27.86	34.42	16.67	16.07	26.21	30.55
١٩	21.24	25.08	28	36.19	18.82	18.3٢	28.27	32.21
٢٠	16.63	19.76	43.11	47.65	27.38	29.38	24.74	29.65
٢١	4.1	6.05	37.35	42.08	25.3	26.4	35.07	40.81
٢٢	21.06	23.57	23.51	27.65	29.26	29.73	32.45	41.05
٢٣	12.47	16.03	25.47	29.27	20.74	20.36	40.69	46.26
٢٤	35.43	38.34	32.31	38.54	29.59	29.99	29.1	33.24
٢٥	٤٩.١٣	٥٧.١٦	31.12	35.95	18.68	18.66	٦.٣١	١٥.٣٤

كما هو مشار في هذه الدراسة يمكن حقلياً وبسهولة قياس المساحة الورقية للنباتات عبر معرفة طول (L) وعرض (W) الأوراق لدى نباتات التبغ. فقد اشارت النتائج لوجود اختلافات طفيفة من حيث المعادلات الرياضية الموضوعة لحساب المساحة الورقية الحقيقة بين أصناف التبغ الأربعة: فيرجينيا vk51، برلي R21، بلدي وكزانتي.

بالنظر لهذه الدراسة الحالية، فقد أشارت دراسات عديدة لوجود ارتباط قوي بين طول الورقة وعرضها والمساحة الورقية LA (فقد تراوحت قيمة معامل الارتباط (r) بين ٠.٩٥ و٠.٩٨). تتوافق نتائج دراستنا مع بعض الدراسات السابقة المنجزة لوضع موديلات رياضية بالاعتماد على أطوال الأوراق وعرضها لحساب المساحة الورقية للنباتات (LA) وعلة محاصيل متنوعة: كالقمح الطري (Thomas, 1975)، الذرة الصفراء (Elsahookie, 1985)، التبغ (Elsahookie *et al*., 1993)، الفول (Pekson, 2007) والذرة البيضاء (Elsahookie and Cheyed, ١٩٩٣)، ، أو لدى الاشجار المثمرة: كأوراق اشجار العنب (Elsner and Jubb, 1988)، الكيوي (Uzun and Çelik, 1999)، الدراق (Demirsoy *et al*., 2004) والفريز (Demirsoy et al., 2005).



الشكل ٣. علاقة الارتباط الخطي للمساحة الورقية الحقيقية (سم٢) التي تم قياسها باستخدام البرامج Image J software والمساحة الورقية المتوقعة (سم٢) المحسوبة بالاعتماد على الموديل الرياضي المقترح لدى أصناف التبغ فيرجينيا vk51، برلي R21، بلدي وكزانتي، n= 25.

٦. الاستنتاجات والمقترحات:

أن هذه الطريقة في قياس المساحة الورقية بالاعتماد على المعادلات الرياضية التي تم التوصل اليها يمكن أن تزيد من دقة النتائج المتحصل عليها وتقلل من الخطأ في التقدير. فضلاً عن دقتها الكبيرة، تُعد هذه الطريقة عبر استخدام المعادلات لتقدير المساحة الورقية لأصناف التبغ فيرجينيا vk51، برلي R21، بلدي وكزانتي سريعة، بسيطة وغير مكلفة. لذا يمكن الاقتراح باعتماد هذه المعادلات الرياضية لتقدير المساحة الورقية في نبات التبغ باختلاف أصنافه.

٧. المراجع:

١. عرب، سائد. معادلات تحديد المسطح الورقي في صنف تبغ الفرجينيا. مجلة بحوث جامعة حلب، سلسة العلوم الزراعية، العدد ٣٩، ٢٠٠١.

2. ASTEGIANO, E-D.; FAVARO, J-C.; BOUZO, C-A. *Estimación del àrea foliar en distintos cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) utilizando medidas foliares lineales*. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales, Vol. 16, 2001, 249–256.

3. BAKER, E. *A new software for measuring leaf area, and area damaged by Tetranychus urticae Koch*. Journal of Applied Entomology, Vol. 129, 2005, 173–175.

4. BLANCO, F-F.; FOLEGATTI, M-V. *A new methods for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants*. Horticultura Brasileira, Vol. 21, 2003, 666–669.

5. BYLESJO, M.; SEGURA, V.; SOOLANAYAKANAHALLY, R-Y.; RAE, A-M.; TRYGG, J.; GUSTAFSSON, P.; JANSSON, S.; STREET, N-R. *LAMINA: a tool for rapid quantification of leaf size and shape parameters*. BMC Plant Biology, Vol. 8, 2008, 82.

6. DARWISH, M.; LOPEZ-LAURI, F.; EL MAATAOUI, M.; URBAN, L.; SALLANON, H. *Pretreatment with alternation of light/dark periods improves the tolerance of tobacco (Nicotiana tabacum) to clomazone herbicide*. Journal of Photochemistry and Photobiology, Vol. 134, 2014, 49–56.

7. DEMIRSOY, H.; DEMIRSOY, L.; UZUN, S.; ERSOY, B. *Non-destructive leaf area estimation in peach*. European Journal of Horticultural Sciences, Vol. 69, 2004, 144–146.

8. DEMIRSOY, H.; DEMIRSOY, L.; OZTURK, A. *Improved model for the non-destructive estimation of strawberry leaf area*. Fruits, Vol. 60, 2005, 69–73.

9. DEMIRSOY, H.; SEDAR, Ü. *Non-destructive leaf area estimation in chestnut*. Scientia Horticulture, Vol. 108, 2006, 227–230.

10. ELSAHOOKlE, M-M. *A shortcut method for estimating plant leaf area in maize*. Journal of Agronomy and Crop Science, Vol. 151, 1985, 199–204.

11. ELSAHOOKlE, M-M.; CHEYED, S-H. *Estimating sorghum leaf area by measuring on leaf length*. The Iraqi Journal of Agricultural Sciences, Vol. 45, 1993, 1–5.

12. ELSAHOOKlE, M-M.; IBRAHEEM, K.; YUNAN, L. *A formula to estimating leaf area in tobacco*. The Iraqi Journal of Agricultural Sciences, Vol. 24, 1993, 264–268.

13. ELSNER, E-A.; JUBB, G-L. *Leaf area estimating of concord grape leaves from simple linear measurements*. American Journal of Enology and Viticulture, Vol. 39, 1988, 95–97.

14. GUO, D-P.; SUN, Y-Z. *Estimation of leaf area of stem lettuce (Lactuca sativa var angustana) from linear measurements*. Indian Journal of Agricultural Sciences, Vol. 71, 2001, 483–486.

15. GUTIÉRREZ, T-A.; LAVÍN, A-A. *Mediciones lineales en la hajo para la estimación no destructiva del àrea foliar en vides cv. Charrdonnay*. Agricultura Técnica, Vol. 60, 2000, 69–73.

16. IGATHINATHANE, C.; PRAKASH, V-S-S.; PADAMA, U.; BABU, R-G.; WOMAC, A-R. *Interactive computer software development for leaf area measurement*. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 51, 2006, 1–16.

17. LU, H-Y.; LU, C-T.; WEI, M-L.; CHAN, L-F. *Comparison of different models for nondestructive leaf area estimation in taro*. Agronomy Journal, Vol. 96, 2004, 448–453.

18. PEKSON, E. *Non-destructive leaf area estimating for faba bean (Vicia faba L.)*. Scientia Horticulturae, Vol. 113, 2007, 322–328.

19. ROBBINS, N-S.; PHARR, D-M. *Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements*. Horticultural Science, Vol. 22, 1987, 1264–1266.

20. SILVA, N-F.; FERREIRA, F-A.; FONTES, P-C-R.; CARDOSO, A-A. *Modelos para estimar a àrea foliar de abóbora por meio de medidas lineares*. Revesta Ceres, Vol. 45, 1998, 278–291.

21. THOMAS, H. *The growth response of weather of simulated vegetative swards of single genotype of Lolium perenne*. Journal of Agricultural Science Cambridge, Vol. 84, 1975, 333–343.

22. UZUN, S.; ÇELIK, H. *Leaf area prediction models (uzçelik-1) for different horticultural plants*. Turkey Journal of Agriculture Forestry, Vol. 23, 1999, 645–650.

23. WATSON, D-J.; WATSON, A-M. *Comparative physiological studies on the growth of field crop. III. Effect of infraction with beet yellow*. Annals of Applied Biology, Vol. 5, 1983, 1–40.